FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1917 — THÈSE — N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

Léon HERMANN

Chef du Service des Eaux de la e armée
Ingénieur de 1re classe des Ponts et Chaussées
Capitaine du Génie

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

de la purification des Eaux de boisson par le Chlore

LA "JAVELLISATION"

A FAIBLE DOSE DE RÉACTIF

Président : M. CHAUFFARD, *professeur*

PARIS

JOUVE & Cie, ÉDITEURS
15, Rue Racine (VIe)

1917

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

LE DOYEN, M. LANDOUZY

ASSESSEUR : G. POUCHET

PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	NICOLAS
Physiologie	Ch. RICHET
Physique médicale	WEISS
Chimie organique et Chimie générale	DESGREZ
Parasitologie et Histoire naturelle médicale	BLANCHARD
Pathologie et Thérapeutique générales	ACHARD
Pathologie médicale	WIDAL TEISSIER
Pathologie chirurgicale	LEJARS
Anatomie pathologique	Pierre MARIE
Histologie	PRENANT
Opérations et appareils	Auguste BROCA
Pharmacologie et matière médicale	POUCHET
Thérapeutique	N.
Hygiène	CHANTEMESSE
Médecine légale	N.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LETULLE
Pathologie expérimentale et comparée	ROGER
Clinique médicale	DEBOVE LANDOUZY GILBERT CHAUFFARD
Maladies des enfants	HUTINEL
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	Gilbert BALLET
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GAUCHER
Clinique des maladies du système nerveux	DEJERINE
Clinique chirurgicale	DELBET QUENU N. HARTMANN
Clinique ophtalmologique	De LAPERSONNE
Clinique des maladies des voies urinaires	LEGUEU
Clinique d'accouchements	BAR COUVELAIRE RIBEMONT-DESSAIGNES
Clinique gynécologique	POZZI
Clinique chirurgicale infantile	KIRMISSON
Clinique thérapeutique	Albert ROBIN
Hygiène clinique de la première enfance	MARFAN

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.			
ALGLAVE	GUILLAIN	LOEPER	ROUSSY
BERNARD	JEANNIN	MAILLARD	ROUVIÈRE
BRANCA	JOUSSET (A.)	MOCQUOT	SAUVAGE
BRUMPT	LABBÉ (H.)	MULON	SCHWARTZ (A.)
CAMUS	LAIGNEL-LAVASTINE	NICLOUX	SICARD
CASTAIGNE	LANGLOIS	NOBECOURT	TANON
CHAMPY	LECENE	OKINCZYC	TERRIEN
CHEVASSU	LEMIERRE	OMBREDANNE	TIFFENEAU
DESMAREST	LENORMANT	RATHERY	VILLARET
GOUGEROT	LEQUEUX	RETTERER	ZIMMERN
GREGOIRE	LEREBOULLET	RIBIERRE	
GUENIOT	LERI	RICHAUD	

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

CONTRIBUTION A L'ETUDE

de la purification des eaux de boisson par le Chlore

LA " JAVELLISATION "

A FAIBLE DOSE DE RÉACTIF

LA JAVELLISATION

Le chlore est un antiseptique énergique ; Miquel, considérant que 25 centigrammes de cette substance empêchent la putréfaction d'un litre de bouillon de bœuf neutralisé, puis exposé aux germes de l'air, le classe parmi les substances très fortement antiseptiques.

Cette action antiseptique varie avec les espèces microbiennes. Les micro-organismes qui résistent le plus à l'action du chlore paraissent appartenir presque exclusivement à des espèces saprophytes (moisissures, espèces microbiennes sporulées telles que le B. subtilis, le B. mesentericus). Par contre, les pathogènes dont relève l'étiologie des affections dites hydriques : le vibrion cholérique, le bacille d'Eberth, les bacilles paratyphiques, y sont extrêmement sensibles et leur résistance est sensiblement la même que celle du B. coli.

Il était donc indiqué de chercher à employer le chlore pour stériliser les eaux de boisson et de contrôler cette stérilisation par la disparition du B. coli.

On a employé à cet effet les hypochlorites ; l'acide hypochloreux en est déplacé par l'acide carbonique qui se trouve dans l'eau à stériliser, et ce corps, éminemment instable, se décompose en chlore et oxygène ; l'action oxydante du chlore se trouve ainsi renforcée.

Des équations chimiques suivantes, qui expriment ces réactions :

$$2ClO.Na + CO^2 + nH^2O = CO^3Na^2 + 2ClOH + (n-1)H^2O$$

$$2ClOH = Cl^2 + O + H^2O$$

il résulte que 1 milligramme d'acide carbonique peut mettre en liberté 1 mgr. 6 de chlore. Comme les eaux naturelles les plus faiblement minéralisées contiennent au moins 10 milligrammes d'acide carbonique par litre, elles peuvent libérer au litre 16 milligrammes de chlore ; pareille quantité d'antiseptique est loin d'être nécessaire à la stérilisation et ainsi se trouve mis en évidence ce fait que, dans la pratique, il n'y a pas à s'inquiéter de la teneur en acide carbonique des eaux à traiter.

Le chlore et l'oxygène qui proviennent de la décomposition des hypochlorites oxydent les matières organiques et détruisent les micro-organismes. Il se forme de l'acide chlorhydrique ou des chlorures dont la présence est sans inconvénient dans l'eau de boisson.

Il convient par contre d'éviter la présence du chlore en excès. A la dose de quelques dixièmes de milligrammes par litre d'eau, ce corps est décelable au goût ; au taux de 1 ou 2 milligrammes, on a nettement la saveur de lessive et l'eau est franchement désagréable à boire. Sans qu'on puisse dire à ce sujet rien de précis, on paraît fondé à redouter les effets de ces eaux contenant du chlore sur les muqueuses et les glandes du tube digestif. Il n'est pas à notre connaissance qu'aucune observation ait été faite sur les troubles provoqués à la longue par cette ingestion ; tout doute à cet égard sera levé par l'examen systématique des organes d'animaux soumis expérimentalement à ce régime. Quoi qu'il en soit une autre raison impose de faire en sorte que dans l'eau traitée ne subsiste pas de chlore en excès ; les branchements des distributions d'eau, en partie en plomb, attaqués par le chlore, même aux très faibles doses de 0 mgr. 2 à 0 mgr. 5 par litre, donnent du chlorure de plomb soluble qui est toxique.

La stérilisation par l'hypochlorite, la javellisation, doit donc être réalisée en sorte de faire disparaître le B. coli sans faire apparaître plus de 0 mgr. 1 de chlore libre par litre d'eau.

Premières applications du procédé

Bien que paraissant avoir été préconisée par Traube en 1894 la javellisation n'a été utilisée pour

les alimentations urbaines qu'au xx^e siècle et surtout en Angleterre, au Canada, aux États-Unis.

A Lincoln (Angleterre), où l'on consomme, après filtration, des eaux provenant de la rivière, de ballastières et de drains d irrigation, la javellisation a été instituée au cours d'une épidémie de typhoïde (1904-1905) au taux de 1 mgr. 2 par litre.

Schrewsbury (Angleterre) a javellisé en juin 1909, les eaux filtrées de la Severn qui constituent son alimentation.

Aux États-Unis, citons New-Jersey, où l'on utilisa le chlorure de chaux, (200.000 mètres cubes traités par jour,en 1909), Minneapolis (février 1910), Nashville (août 1910).

Au Canada, on a stérilisé par le chlore, en janvier 1910; 200.000 mètres cubes à Montréal et 175.000 mètres cubes à Toronto.

Indépendamment de la suppression des B.coli, on observa une réduction des germes qui varia de 77 à 99,7 o/o (the Surveyor).

La javellisation fut appliquée par la Ville de Paris à son usine de Saint-Maur aux eaux de Marne après simple dégrossissage dans un filtre rudimentaire du 31 juillet au 22 août 1911. La solution d'hypochlorite y était versée à débit constant, d'abord au moyen d'un vase de Mariotte, ensuite avec un siphon, à la dose de 1 milligramme de chlore libre par litre d'eau. Après un trajet de six heures dans les conduites de refoulement, les 30.000 mètres cubes d'eau ainsi traités journellement arrivaient au

réservoir de Charonne avec une teneur en chlore de 0mgr. 2 à 0 mgr. 5 au litre. Ils se mélangeaient dans ce réservoir avec les eaux de la Dhuis et les eaux filtrées d'Ivry et subissaient de ce fait une dilution du sixième avant d'être livrés à la consommation. Les B. coli, au nombre de 3.000 au litre dans l'eau de Marne brute, avaient complètement disparu ; la réduction du nombre des germes était de 98 0/0.

Dans le courant de la même année, trois autres applications de la javellisation furent faites par le Service des Eaux de la Ville de Paris. Les deux premières visaient la stérilisation de l'eau de la source de Villemer, d'un débit de 8.600 mètres cubes par jour, et des sources de la Vanne, débitant 120.000 mètres cubes par jour ; la troisième, la stérilisation de l'eau des bassins filtrants d'Ivry, dont la vitesse de filtration avait été portée de 2 m. 40 à 4 m. 80 par vingt-quatre heures.

Les eaux des sources de la Vanne empruntent pour se rendre à Paris des aqueducs où elles cheminent par gravité ; la javellisation a été pratiquée sur l'aqueduc de la manière suivante : un poste de javellisation formé de deux vases, dont l'un sert de régulateur à l'autre, déversait dans l'aqueduc l'eau de Javel titrant 90 grammes de chlore au litre, à un débit constant à raison de 1.300 litres par jour. Les 120.000 mètres cubes d'eau qui passent pendant ce temps recevaient par suite 1 milligramme de chlore par litre. A 15 kilomètres en aval sur l'aqueduc, était installé un poste de neutralisation. L'analyse

des eaux en ce point révélait la disparition totale des 500 ou 1.000 B. coli au litre que renfermaient les eaux immédiatement à l'amont du poste de javellisation, mais dénotait la présence d'un excès de chlore titrant 0 mgr. 8 à 0 mgr. 9 par litre. On a utilisé comme neutralisant le sulfite de soude, soluble dans dix fois son poids d'eau, que le chlore transforme en sulfate de soude conformément à l'équation.

$$SO^3Na^2 + Cl^2 + H^2O = SO^4Na^2 + 2HCl$$

d'où il résulte que 1 mgr. 8 de sulfite de soude anhydre est nécessaire pour neutraliser 1 milligramme de chlore. La solution de sulfite de soude était versée (environ 2 mètres cubes par jour), par un dispositif semblable à celui qui servait à verser l'eau de Javel, en léger excès ; en sorte qu'après disparition de chlore, il restait environ 0 mgr. 1 de sulfite de soude au litre. Ce corps, qui existe à des taux notablement plus élevés dans certains produits naturels et dans les vins (surtout les blancs), n'est pas considéré comme étant nocif. Il convient de noter que la dissolution de sulfite de soude faite au moyen de batteries de lessiveuses constituait une opération assez pénible.

La javellisation faite aux bassins filtrants d'Ivry, présente ceci d'intéressant que l'on additionnait tout d'abord l'hypochlorite, à raison de 1 milligramme de chlore par litre, avant passage dans les filtres, l'eau à épurer ; on trouva bientôt plus commode de

faire la javellisation dans les collecteurs d'eau filtrée, la neutralisation étant faite au moyen de sulfite de soude déversé au réservoir.

Signalons les applications du procédé, faites à Marseille, lors de l'épidémie de choléra de 1911, sur les eaux de la distribution communale (le vibrion cholérique dont la présence y avait été constatée n'a plus été retrouvé vingt-quatre heures après que la javellisation fût instituée) et à Avignon, à la suite de l'épidémie de fièvre typhoïde de 1912.

Étudiées par la Commission du Bureau d'Hygiène de la Ville de Paris (le 30 mars 1912, sur un rapport de M. le professeur Chantemesse) et par le Conseil Supérieur d'hygiène et de salubrité du département de la Seine (le 5 juillet 1912 sur un rapport de M. le Dr Roux), ces applications du procédé amenèrent ces assemblées aux conclusions suivantes :

« Parmi les procédés de fortune pour la purifica-
« tion des eaux de sources suspectes, le plus écono-
« mique et le plus pratique est le procédé à l'hypo-
« chlorite de soude... Ce procédé ne peut être qu'un
« moyen de fortune. »

La technique admise est ainsi décrite par M. Dienert dans une note présentée au XVe Congrès international d'hygiène et de démographie (Washington, septembre 1912):

...« Au moyen d'un vase de Mariotte, ou par l'in-
« termédiaire d'une tonne renfermant la solution
« d'hypochlorite, dont on maintient le niveau cons-
« tant, on verse, d'une façon continue et régulière,

« la solution d'eau de Javel dans l'eau suspecte.

« Soit au moyen de chicanes, soit au moyen d'un « barboteur mécanique, on rend intime le mélange « de l'eau et du réactif. La dose d'hypochlorite à « employer varie suivant la composition chimique « de l'eau. Elle est pour les eaux de source de 1 à « 2 milligrammes de chlore libre par litre. Elle doit « être de 3 à 5 milligrammes de chlore libre par « litre dans les eaux de rivière riches en matières « organiques, si on veut détruire non seulement le « B.coli, mais encore la majorité des espèces banales, « et ramener leur nombre à quelques unités...

« Le contact du chlore libre doit être au moins de « trois heures pour être efficace. Après ce temps « l'eau renferme encore du chlore et possède une « odeur caractéristique de lessive.

« Quand l'eau traitée est mélangée ensuite à « d'autres eaux non suspectes et non traitées, le « chlore disparaît par suite de la présence des « matières organiques dans les eaux non traitées, qui « l'absorbent. Mais si ce mélange est impossible, il « faut éliminer l'excès de chlore par une substance « appropriée. Le corps le plus simple et le plus « facile à employer est le sulfite de soude, qui se « dissout assez rapidement dans l'eau chaude et « qui se transforme en un corps tout à fait inoffen- « sif qui est le sulfate de soude. On peut encore « employer l'hyposulfite de soude, soit même des « plaques d'aluminium, plongées dans l'eau, soit

« encore le sulfate ferreux. Ce dernier donnerait à « l'eau un léger louche d'oxyde de fer.

« L'addition de sulfite de soude se fait comme il a « été dit pour l'hypochlorite de soude. On fait une « solution renfermant 10 o/o de sel hydraté à 5 molé- « cules d'eau. On dose le chlore libre dans l'eau, « avant addition de sulfite, au moyen d'acide arsé- « nieux et d'iode en présence d'amidon. On connaît « le débit de l'eau à traiter et sa richesse en chlore « libre, on sait ainsi combien il passe de chlore par « seconde. On ajoute alors, par seconde, un volume « de solution étendue de sulfite de soude, de telle « façon qu'elle fasse disparaître complètement tout « le chlore et qu'il reste dans l'eau un petit excès de « sulfite » (0 mgr. 1 d'acide sulfureux par litre)...

La javellisation à Paris pendant la guerre

Tels étaient les faits acquis à la veille de la déclaration de guerre.

On conçoit les services que le procédé de stérilisation de l'eau par le chlore était appelé à y rendre.

Les premières applications qui paraissent en avoir été faites après la mobilisation l'ont été par la Ville de Paris sur l'aqueduc de la Dhuis au début du mois de septembre, lors du passage des troupes alliées et ennemies dans la région des sources.

En prévision de l'invasion allemande, le Service des Eaux de la Ville de Paris avait envisagé trois éventualités.

Dans la première, les quatre aqueducs qui amènent l'eau de source à Paris (Dhuis, 20.000 mètres cubes, Vanne, 120.000 mètres cubes, Avre, 80.000 mètres cubes, Loing et Lunain, 60.000 mètres cubes), tout en continuant à fonctionner devenaient suspects. Afin d'y remédier on installa, dès août, sur chacun d'eux, un dispositif de stérilisation comprenant un poste de déversement d'hypochlorite de chaux, produit par l'épuisement par l'eau du chlorure de chaux du commerce (Clo^2Ca), et un poste de neutralisation par le moyen de l'hyposulfite de soude.

Comme seconde hypothèse, on avait prévu que la capitale investie serait privée d'eau de source. On devait alors avoir recours aux bassins filtrants de Saint-Maur et d'Ivry et augmenter leur rendement au détriment de la qualité de la filtration ; les postes de javellisation (hypochlorite de chaux) furent aménagés au sortir des filtres, ceux de neutralisation (hyposulfite de soude) aux réservoirs.

La troisième hypothèse faisait état de l'impossibilité de se servir de ces bassins filtrants. On devait alors traiter les eaux de la Seine et faire communiquer le réseau de distribution d'eau de source du service privé avec le réseau de distribution du Service public et industriel. Des installations d'hypochlorisation furent préparées aux usines d'Austerlitz, de Bercy, de Javel et d'Auteuil, sur les puisards d'alimentation des pompes de refoulement d'eau brute ; la neutralisation par l'hyposulfite devait se faire aux réservoirs.

On n'eut à traiter que les eaux de la Dhuis, pendant trois jours, en septembre 1914, ainsi que nous l'avons déjà dit.

Du 8 au 15 janvier 1915, on stérilisa au chlore l'eau des bassins filtrants d'Ivry, à une époque où un surcroît de rendement dut être momentanément demandé aux filtres.

Pendant plus de cinq mois, du 8 novembre 1914 au 15 avril 1915, on stérilisa par le chlore l'eau de l'Avre, en raison d'une épidémie de fièvre typhoïde qui a sévi à la Ferté-Madame, localité située dans le périmètre d'alimentation des sources. Cette stérilisation, faite par l'hypochlorite de chaux et l'hyposulfite de soude, a conduit à faire les remarques suivantes :

Si le chlorure de chaux paraît présenter sur l'eau de Javel l'avantage d'une plus facile manutention et d'emmagasiner, sous le même poids, environ trois fois plus de chlore (1 kgr. de chlorure de chaux du commerce est capable de dégager 300 grammes de chlore libre, tandis que le litre d'eau de Javel titre 30 degrés chlorométriques qui représentent environ 95 gr. de chlore), cet avantage est largement atténué par les difficultés et les inconvénients qu'offre la préparation de la solution d'hypochlorite de chaux.

L'épuisement par l'eau du chlorure de chaux était opéré en deux temps. Dans le premier, l'eau était brassée un quart d'heure environ avec le dixième de son poids de chlorure déjà épuisé qui, après ce laps

de temps, ne renfermait plus guère que 1 o/oo de chlore. Dans le second, l'eau (elle titre alors environ 6gr. de chlore libre au litre) pompée dans un deuxième mélangeur où se trouve le dixième de son poids de chlorure neuf, était brassée pendant une demi-heure, puis laissée en repos pendant six heures ; elle titrait alors de 30 à 35 grammes de chlore au litre. C'est le chlorure de chaux laissé dans cette cuve après pompage qui servait à opérer le premier des temps de l'opération avec une nouvelle quantité d'eau.

Les manipulations du chlorure de chaux donnent naissance à des poussières très irritantes qui incommodent les ouvriers et provoquent la toux. On pallia en partie à ces inconvénients en munissant les ouvriers de masques respiratoires ; ils durent être également pourvus de vêtements de cuir et avoir les mains protégées par des gants de caoutchouc.

Des plaintes furent recueillies, dans certains quartiers, sur le goût de vase prononcé qu'y avait l'eau distribuée ; il s'agissait de l'eau traitée à l'hypochlorite ; les analyses révélèrent qu'elle était stérile et dépourvue d'algues et l'on attribua la cause de ce mauvais goût à l'action de l'hyposulfite de soude sur les dépôts calcaires des canalisations. La quantité d'hyposulfite déversée dans l'eau fut réduite autant que possible, les conduites lavées au moyen de chasses ; le mauvais goût s'atténua et disparut complètement en mars 1915.

Bien que les analyses faites par le Service de surveillance médicale de la Ville de Paris aient montré

l'absence constante de germes pathogènes dans les eaux de l'Avre, on ne constata pas de variation sensible du nombre de cas de fièvre typhoïde, pendant les cinq mois que dura la javellisation, dans les quartiers de Paris exclusivement alimentés par elles ; d'où il suit que, dans les grandes villes, l'étiologie de la fièvre typhoïde, en dehors des périodes d'épidémie, ne relève généralement pas de la transmission par l'eau de boisson.

La neutralisation du chlore par l'hyposulfite de soude est représentée par l'équation chimique :

$$S^2O^3Na^2 + 8\ Cl + 5\ H^2O = 2\ So^4NaH + 8\ HCl.$$

Pour neutraliser un milligramme de chlore il suffit de 0 mgr. 55 d'hyposulfite anhydre et de 1 mgr. 2 de sel cristallisé à 10 molécules d'eau. Il en faut donc moins que de sulfite de soude. Ce dernier produit se trouve en outre plus difficilement et à un prix plus élevé que l'hyposulfite. C'est pourquoi la Ville de Paris adopta l'hyposulfite de soude pour la neutralisation du chlore en excès.

Tous frais compris, en faisant état notamment du coût des installations, la stérilisation de 15 millions de mètres cubes d'eau de l'Avre, suivant la technique que nous venons de décrire, est revenue à 3 millimes, 5 par mètre cube.

La javellisation aux armées

La stérilisation de l'eau de boisson a fait aux armées l'objet d'instructions précises.

Dans une instruction du 27 octobre 1914, la Direction générale du Service de Santé des groupes d'armées d'opérations préconisait :

1° L'emploi de l'hypochlorite de soude ;

2° L'emploi combiné de la poudre Lambert et du filtre Garret.

La technique indiquée pour la javellisation est la suivante : verser dans 10 litres d'eau de qualité moyenne 1 goutte d'extrait d'eau de Javel concentré du commerce (lequel renferme en moyenne 85 à 90 gr. de chlore par litre) ; si l'eau est très impure la dose d'hypochlorite à employer est de 2 gouttes pour 10 litres d'eau. Agiter fortement l'eau et attendre une demi-heure. Après ce laps de temps, ajouter 1, 2 ou 3 gouttes d'une solution d'hyposulfite de soude au dixième. Comme l'eau de Javel donne environ 20 gouttes au centimètre cube, 1 goutte d'extrait contient 4 milligrammes de chlore et 2 gouttes, 8 milligrammes.

L'instruction du général commandant en chef du 24 juin 1915, relative aux précautions à prendre contre la contamination des eaux de boisson, recommandait en outre de placer près des puits ou fontaines existants, dans les points d'utilisation de l'eau aux cantonnements, deux tonneaux ou récipients ; dans l'un, l'eau devait être en cours de stérilisation, tandis que l'autre renfermerait l'eau déjà stérilisée, ce qu'un écriteau mobile devait indiquer aux usagers.

L'instruction du 26 juin 1915 du Directeur général du Service de Santé du groupe des armées

d'opérations recommandait d'employer, au lieu des 1 ou 2 gouttes indiquées par l'instruction du 27 octobre 1914, 3 et 4 gouttes, soit 12 ou 16 milligrammes de chlore pour 10 litres d'eau.

Dans l'instruction du 12 juillet 1915 sur la purification de l'eau par les hypochlorites, rédigée par la Direction du Service de Santé du ministère de la Guerre, on préconise l'emploi de doses moindres de réactif grâce auxquelles on se dispense de neutralisation : 1 milligramme de chlore libre pour la javellisation d'un litre d'eau de source limpide, vraisemblablement pauvre en matières organiques ; 2 milligrammes de chlore pour la javellisation d'un litre d'eau de source, de puits, de cours d'eau, dont la limpidité n'est pas parfaite et qui paraît contenir une quantité notable de matières organiques ; 3 milligrammes de chlore par litre d'eau de puits ou de cours d'eau trouble et assez riche en matières organiques.

Ces taux de javellisation ont été reproduits dans une note du 25 septembre 1915, du Directeur général du Service de Santé du groupe des armées d'opérations, qui indique en outre qu'on doit rechercher dans l'eau traitée, à l'aide de réactifs appropriés (empois d'amidon et iodure de potassium), la présence de chlore libre. Si après trente minutes de contact la réaction décèle l'existence des traces de chlore libre, l'épuration doit être considérée comme obtenue.

Afin de remédier au goût prononcé de futaille qui

fut constaté dans les tonneaux d'eau javellisée, une note du grand quartier général du 13 octobre 1915 recommande de les disposer non couchés, mais debout ; le fond supérieur est enlevé et utilisé comme couvercle sur une toile mobile qui recouvre l'orifice ainsi réalisé. Le nettoyage devenait chose facile.

Néanmoins cette précaution ne suffisant pas, des expériences systématiques furent entreprises, notamment par le Laboratoire central de bactériologie et de chimie. Elles démontrèrent que la réduction du nombre de germes consécutive à la javellisation, qui est de 95 à 99 o/o, ne se maintient pas au delà de vingt-quatre heures. Passé ce délai le nombre des germes augmente : tandis qu'on a compté 7.170 germes après vingt-quatre heures dans une cuve galvanisée contenant l'eau javellisée, on en a trouvé 189.080 après quarante-huit heures. Ces expériences montrèrent également qu'il est nuisible de désinfecter les tonneaux périodiquement à la brosse et qu'il convient de les rincer seulement à l'eau javellisée ; le brossage des tonneaux utilisés, généralement vieux et usagés, ayant pour effet de libérer les germes inclus entre les douves.

Il a été fait état de toutes ces recherches dans l'instruction complémentaire relative aux précautions à prendre contre la contamination des eaux de boisson, rédigée par le grand quartier général le 14 février 1916, qui préconise exclusivement la javellisation et s'exprime ainsi :

« Si la stérilisation est bien faite, le récipient dans « lequel elle s'effectue importe peu. Elle se produit « dans des conditions sensiblement analogues, soit « dans des récipients en ciment, soit dans des réci- « pients métalliques cimentés ou enduits d'asphal- « tine, soit dans des récipients en bois, passés au brai « de résine ou enduits d'asphaltine. Toutefois, pour « qu'elle soit satisfaisante, il est indispensable que « les récipients où l'eau est conservée soient complè- « tement vidés, que l'eau stérilisée y soit entièrement « renouvelée tous les jours et que lesdits récipients « soient maintenus en parfait état de propreté par « simple rinçage.

« L'eau stérilisée devra donc être conservée, ou « bien dans des cuves en ciment munies de cou- « vercles, ou bien dans des cuves métalliques, égale- « ment couvertes et dont l'intérieur devra, pour « éviter l'oxydation, être cimenté ou peint à l'asphal- « tine, ou bien dans des tonneaux de bois ; mais « dans ce dernier cas il est nécessaire, en vue de la « facilité du rinçage, de disposer ces tonneaux non « pas couchés, mais debout, après avoir enlevé le « fond supérieur, qui, élargi par un faux bord en « bois de 4 à 5 centimètres de largeur sert ainsi de « couvercle mobile et obture parfaitement le fond « supérieur du tonneau ; il faut de plus, en ce cas, « peindre le tonneau intérieurement avec de l'asphal- « tine ou employer des tonneaux préalablement « passés au brai de résine en brasserie...

« La quantité d'hypochlorite doit être telle qu'une

« demi-heure après contact il reste encore dans l'eau « traitée des traces de chlore libre, c'est-à-dire de « 0 mgr. 1 à 0 mgr. 2 par litre..., il faut pour « cela employer une quantité initiale d'hypochlorite « telle qu'elle corresponde approximativement à 4, « 3, 2 ou 1 milligramme de chlore libre par litre « suivant que l'eau à traiter est très polluée, trouble, « de limpidité imparfaite ou claire... Il est démontré « par l'expérience que, moyennant l'application « rigoureuse des prescriptions ci-dessus, le procédé « de stérilisation par l'hypochlorite de soude permet « toujours de distribuer aux troupes une eau parfai- « tement potable, n'ayant aucun goût et indemne de « colibacilles... »

C'est sur le principe de la javellisation dans deux récipients, l'un renfermant de l'eau en cours de stérilisation, l'autre en service, qu'ont été construits les bateaux et voitures-filtres, mis en service aux armées, pour y suppléer à l'absence de sources ou de puits d'eau claire.

Les bateaux employés sont des flûtes de l'Ourcq, qui ont 28 m. 50 de longueur, 3 m. 15 de largeur et un faible tirant d'eau une fois chargés ce qui permet leur navigation même sur des rivières non canalisées. Le bateau renferme deux cuves en tôle, chacune de 13 mètres cubes de capacité ; la solution titrée d'hypochlorite y est déversée par un vase de Mariotte lors du remplissage, lequel est fait au moyen d'une pompe débitant 10 mètres cubes à l'heure qui, puisant de l'eau dans la rivière ou le canal où flotte le

bateau, la refoule dans l'une ou l'autre cuve, au travers d'un filtre à pression clarificateurà éponge cachoutée (type Buron). Après contact d'une demi-heure, l'eau est distribuée aux usagers par une deuxième pompe de 10 mètres cubes qui se trouve sur le bateau. En puisant successivement dans les deux cuves, l'appareil est susceptible d'un débit continu de 10 mètres cubes à l'heure.

Les voitures à eau potable type Touring-Club procèdent du même principe ; sur la voiture sont fixés : un clarificateur à éponge cachoutée (type Buron), deux caisses de 1.500 litres chacune où se fait, en une demi-heure, la stérilisation par mélange de l'eau et de l'hypochlorite (le mélange est assuré grâce à un agitateur à lames mû par une manivelle extérieure), et deux pompes permettant, l'une le remplissage des caisses à travers le filtre, l'autre la distribution de l'eau épurée.

L'armée britannique fait également usage de voitures et de bateaux-filtres.

La voiture-filtre de ses corps de troupe comprend un tonneau en fer formant réservoir et un clarificateur constitué par un cylindre composé d'un manchon grillagé garni à l'extérieur d'une épaisseur de tissu éponge, enfin une boîte contenant du chlorure de chaux et une mesure en métal pour doser celui-ci. La mesure étant remplie de chlorure de chaux, on place la dose dans un peu d'eau et l'on verse dans le tonneau. La quantité de chlore actif est d'environ

1 milligramme par litre et la stérilisation dure une demi-heure.

Sur les bateaux-filtres de l'armée britannique la stérilisation est pratiquée au moyen du chlore, sous forme de chlorure de chaux, avec collage de la matière organique au moyen de sulfate d'alumine. L'eau est aspirée dans un bac de grandes dimensions où elle est soumise à l'action combinée du chlorure de chaux et de l'alun et la dose de chlorure de chaux utilisé correspond à 6 milligrammes de chlore actif par litre d'eau à stériliser. Après séjour dans le bac l'eau passe sur un filtre à sable où elle se clarifie. L'opportunité du nettoyage du filtre est indiquée par la dénivellation manométrique due à la filtration. A la sortie du filtre l'eau passe dans un second bac où l'excès (toujours considérable) de chlore est neutralisé par l'hyposulfite de soude. La neutralisation est faite de telle sorte que l'eau, à sa sortie du bateau, contienne encore 0 milligr. 5 de chlore actif par litre.

On a pratiqué dans la zone des armées la javellisation de distributions d'eau urbaines.

A Thann, l'appareil à javelliser (décrit dans une note de M. Henri Grosheintz, que M. Haller a exposée à l'Académie des Sciences le 17 janvier 1916) était composé d'une petite pompe à l'hypochlorite, actionnée par la pompe alimentant la distribution au moyen d'une bielle rendant solidaires les deux pistons, qui refoulait dans la conduite en charge, au sortir des soupapes de la grande pompe, de l'hypo-

chlorite de chaux à 7 degrés B. à la dose de I goutte par litre.

La javellisation dans la e armée

La question s'est posée à notre armée de javelliser les eaux de la distribution de la ville de V..., dont étaient tributaires des cantonnements importants, des hôpitaux d'évacuation et d'autres formations sanitaires.

Cette distribution est alimentée par l'eau d'un puits, profond de 6 mètres environ, qui, aux analyses faites par le Laboratoire de Bactériologie de l'armée, a présenté les caractères suivants :

SUBSTANCES	DATES DES PRÉLÈVEMENTS	
	28 mai 1916	15 juin 1916
Alcalinité (en Co^3 Ca).....	240 mgr. par litre	225 mgr. par litre
Chlorure (en Na CL).....	27 —	24 —
Azote amonical (en Az H^3).	Moins de 0,1	Moins de 0,1
Azote albuminoïde.....	id	id
Matières organiques (en O)	3,3	3,1
Nitrites.....	Légères traces	Néant
Colibacilles au litre.....	5.000	10.000
Germes au centimètre cube		26.000

Deux pompes à piston à marche lente, mues par une turbine hydraulique, la refoulent, à raison de

30 mètres cubes à l'heure, dans les réservoirs situés dans l'agglomération, à une distance d'environ 6 kilomètres, qu'elle atteint dans un laps de temps voisin de deux heures.

Le Dr Orticoni, médecin-chef du Laboratoire de Bactériologie de l'armée, envisageait la création d'un bassin de javellisation où l'eau du puits aurait été tout d'abord refoulée au moyen d'une pompe donnant exactement le même débit que les pompes de refoulement. Celles-ci y auraient repris l'eau mélangée d'hypochlorite. Cette manière de faire obligeait à modifier assez considérablement l'usine ; le synchronisme des deux pompes aurait été d'une réalisation et d'un maintien délicats.

Nous avons aménagé un dispositif qui fait aspirer par les pompes, en même temps que l'eau à épurer, une solution titrée d'hypochlorite très diluée.

A cet effet un petit ajutage à robinet a été adapté sur le tuyau d'aspiration ; il communique, au moyen d'un tube de verre à raccord en caoutchouc, avec le départ inférieur d'une bonbonne agencée en flacon de Mariotte et posée sur un support fixe qui contient la solution titrée d'hypochlorite.

Comme le niveau de l'eau dans le puits varie infiniment peu et comme la pression d'aspiration de la solution d'eau de Javel est constante, le titre de la javellisation, une fois réglé, demeure constant.

Ce réglage est fait par tâtonnements avec de l'eau pure par le moyen du robinet de l'ajutage, en contrôlant le volume aspiré pendant un nombre déter-

miné de coups de piston, ou, comme les pompes fonctionnent à régime uniforme, pendant un temps donné.

On s'est aperçu très vite, en faisant varier le taux de javellisation, que l'eau était purgée de B. coli sous une javellisation très notablement inférieure à celles qui avaient été pratiquées jusqu'alors et ceci, à la sortie de l'usine de refoulement. Avec des doses de chlore libre de 0 mgr. 6 à 0 mgr. 7 au litre, on obtient une disparition du B. coli qui est pratiquement instantanée, ainsi qu'en témoignent les analyses suivantes du Laboratoire de Bactériologie de l'armée pratiquées sur l'eau à la sortie de l'usine.

DATE ET HEURE du PRÉLÈVEMENT	COLIBACILLES au litre	OBSERVATIONS
23 juin 1916 à 11 heures.	0	
— 12 —	500	L'appareil est en réglage.
— 13 —	0	
— 14 —	0	
— 15 —	0	
— 16 —	0	
— 17 —	0	
— 18 —	10.000	Interruption de la javellisation.
25 juin 1916 à 6 heures.	0	
— 7 —	0	
— 9 —	0	
— 11 —	0	
— 13 —	0	
— 15 —	0	
— 17 —	0	
— 19 —	0	
— 22 —	0	
26 juin 1916 à 7 heures.	0	
— 9 h. 30..	0	
— 11 heures.	0	
— 13 h. 30...	300	Arrêt momentané des pompes.
— 16 heures.	0	
— 17 h. 30...	0	
— 19 heures.	0	
— 21 —	0	
27 juin 1916 à 7 heures.	0	
— 10 —	0	
— 13 —	0	
— 16 —	10.000	Recharge de l'appareil de javellisation.
1er juill. 1916 à 16 heures.	0	
— 18 —	0	
— 20 —	500	L'appareil fonctionne mal.
— 22 —	0	
2 juill. 1916 à 5 heures.	0	
— 7 —	1.000	Nettoyage de l'appareil de javellisation.
— 9 —	0	
— 11 —	0	
— 13 —	0	
— 15 —	0	
— 17 —	0	

Il faut rechercher la cause de cette destruction instantanée des B. coli par le chlore à la dose d'environ 1|2 milligramme par litre dans le brassage extrêmement énergique qui se produit dans les boîtes à clapets des pompes.

Cette influence du brassage avait déjà été remarquée : M. Joseph Race, dans *The Surveyor* du 3 décembre 1915, fait observer que la façon dont on opère le mélange de l'eau avec l'hypochlorite agit sur la rapidité de l'épuration et sur l'épuration elle-même, l'amélioration du mélange de la solution stérilisante et de l'eau entraînant la diminution du réactif nécessaire à l'épuration.

Cette observation capitale nous a offert la possibilité de distribuer l'eau stérilisée à nos postes de chargement d'eau en nous affranchissant des transvasements, des multiples manipulations et des délais qu'exige la javellisation par simple contact dans les récipients.

Alimentés par moto-pompes d'un débit de 10 mètres cubes à l'heure installées sur des captages de sources ou des puits, nos postes de chargement d'eau sont pour la plupart constitués par un réservoir de 5 mètres cubes de capacité, disposé sur pylône en charpente, élevé de 2 m.50, d'où partent des tubulures en caoutchouc commandées par des vannes qui servent à charger les convois d'eau et aussi une canalisation de plomb sur laquelle sont branchés des robinets permettant le remplissage de seaux et de bidons.

La trépidation des moto-pompes, dont le tuyau d'aspiration généralement en caoutchouc ne se prête pas facilement à l'adaptation de l'ajutage du type qui vient d'être décrit, a conduit à installer, sous le tuyau de chute d'eau dans le réservoir, une boîte à chicanes horizontales où la solution d'eau de Javel étendue s'écoule par un tube effilé d'un vase de Mariotte dans la veine liquide du refoulement de la pompe.

Le vase de Mariotte est constitué par un tonnelet en bois de 50 litres environ, placé horizontalement sur un chantier, reposant sur une plate-forme en console sur le pylône et où l'on accède par une échelle. Le tube de Mariotte est enfoncé au travers de la bonde, à la hauteur d'une cannelle en bois fixée sur l'un des fonds, qui porte, au moyen d'un raccord en caoutchouc, le tube de verre effilé dont il a été parlé ci-dessus. L'effilure est telle que le tonnelet débite, le robinet étant complètement ouvert, 3 litres à l'heure ; elle est protégée contre les chocs possibles par un bout de tuyau en caoutchouc.

Le pharmacien de qui relève le poste prépare lui-même la solution étendue qui doit y être employée, en tenant compte de la teneur en chlore de l'extrait dont il dispose, de telle manière que 3 litres de celle-ci contiennent la quantité de chlore suffisante, au taux reconnu nécessaire (de 0 mgr. 5 à 0 mgr. 8 par litre), à l'épuration du volume d'eau débité en une heure par la pompe. Il est ainsi amené à faire une dilution du 1/25 au 1/50 et prend les plus grands soins

dans la décantation afin de prévenir la possibilité d'obturation du tube effilé. Un infirmier, de permanence au poste où il séjourne avec le mécanicien, ouvre et ferme le robinet du tonneau d'hypochlorite sitôt qu'est mise en marche ou arrêtée la moto-pompe et veille à ce que la solution n'y manque jamais.

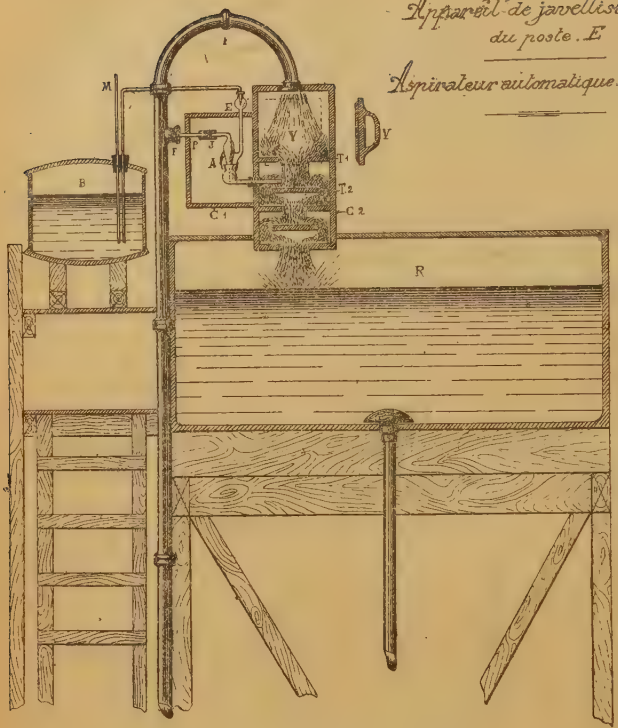
Dans le but de diminuer le nombre des infirmiers en service, on a cherché à rendre l'écoulement d'hypochlorite automatique en supprimant les manœuvres de robinet.

Dans le dispositif imaginé par M. Vila, du Laboratoire de Bactériologie d'armée, l'eau de Javel est aspirée dans le vase de Mariotte par une trompe à air (V. la figure) actionnée par une dérivation faite sur la colonne montante qui déverse l'eau dans le réservoir : l'aspiration de la trompe est provoquée par la charge de la conduite au point où est pratiquée la dérivation ; elle est constante à débit constant. Par raison d'économie, on a constitué la trompe en trois pièces assemblées par bouchons en caoutchouc. Cet appareil automatique est en service depuis le 17 novembre au poste E (V. plus loin le tableau d'analyses) et n'y a donné aucun déboire. Cependant, il ne laisse pas que d'être très fragile et d'une manipulation délicate.

M. Piault, du Laboratoire de Bactériologie d'armée, a imaginé de réaliser l'automatisme en intercalant, entre le tonneau de Mariotte et l'ajutage effilé, non plus une cannelle en bois à robinet, mais un simple tube foncé dans un bouchon en caoutchouc. Sur le

Appareil de javellisation du poste. E

Aspirateur automatique de Mr Vila



Légende

A	*Trompe à eau aspirant l'eau de javel*
B	*Baril contenant l'eau de javel.*
C 1	*Coffre protecteur de l'aspirateur à couvercle amovible échancré en E de 4 x 8 c/m.*
C 2	*Caisse de mélange à chicanes.*
F	*Canalisation en fonte d'amenée de l'eau.*
J	*Joint en caoutchouc.*
M	*Tube de Mariotte.*
P	*Tuyau de plomb.*
T1 T2	*Tablettes à chicanes du mélangeur. Elles sont emboîtées et clouées seulement quand l'appareil est en place.*

T.1.

T.2

R	*Réservoir du poste de chargement.*
V	*Volet de mise en place des tablettes.*
E	*Ampoule du tube siflé.*

raccord en caoutchouc qui le joint à l'effilure peut venir s'appuyer un coin qu'un levier rend solidaire d'un flotteur en bois. La première chicane horizontale du mélangeur est munie d'un rebord percé de trous à la base ; c'est elle qui constitue ainsi le bassin du flotteur. La pompe étant mise en marche l'eau monte dans ce bassin et tient le flotteur élevé, le coin ne touche pas le raccord en caoutchouc et l'hypochlorite coule. Lorsque la pompe est arrêtée, l'eau retenue sur la première chicane s'écoule par les petits trous du rebord ; le flotteur s'abaissant entraîne le coin qui aplatit le raccord en caoutchouc et arrête l'écoulement de la solution d'eau de Javel. Cet appareil est en essai ; il paraît devoir fonctionner régulièrement.

Grâce au brassage que la chute de l'eau du refoulement provoque dans le mélangeur à chicane et à la répartition de l'hypochlorite de façon intime et très rapide parmi toutes les molécules du milieu, la disparition du B. coli est complète, ainsi qu'en témoignent les analyses suivantes pratiquées sur les prélèvements opérés à vingt-six postes de chargements d'eau, que nous désignons par une simple lettre de l'alphabet, munis de ce dispositif de javellisation :

DÉSIGNATION des POSTES	DATES des PRÉLÈVEMENTS	EXAMEN AVANT JAVELLISATION		TAUX de JAVELLISAT. en milligr. de chlore par litre	EXAMEN APRÈS JAVELLISATION	
		Coli-bacill. par litre	Germes par cc.		Coli-bacilles par litre	Germes par cc
A. — Puits	28- 8-16	300				
	14- 9-16	1.000	2.000		0	250
	7-10-16	10			0	
	1-11-16	200			0	
	15-11-16	10	100		0	25
	1-12-16	0	500	0,8	0	350
	16-12-16	200			0	
B. — Puits	28- 8-16	1.000			0	
	14- 9-16	100	1.300		0	300
	7-10-16	0			0	
	1-11-16	0			0	
	15-11-16	0	50		0	25
	1-12-16	0	800	0,6	0	525
	16-12-16	0			0	
C. — Puits	22- 7-16	0			0	
	5-10-16	0			0	
	1-11-16	0			0	
	6-11-16	0	150		0	12
	15-11-16	0	150	0,5	0	50
	1-12-16	0	700		0	325
	16-12-16	0			0	
D. — Puits	26-11-16	0	100		0	0
E.— Source	2- 6-16	200				
	11- 9-16	1.000	2.200			
	14-10-16	200				
	6-11-16	1.000			Début de javellisation automatique (appareil Vila	
	17-11-16	1.000				
	23-11-16	1.000			0	
	1-12-16	100	500		0	
	16-12-16	300			0	
F. — Puits	29- 8-16	300				
	7- 9-16	0			0	
	20- 9-16				0	
	28- 9-16				0	
	7-10-16	0			0	
	21-10-16	0			0	
	17-11-16	0		0,5	0	
	2-12-16	0	200		0	10
	17-12-16	0			0	
G. — Puits	26- 8-16	100				
	9- 9-16	0				

DÉSIGNATION des POSTES	DATES de PRÉLÈVEMENTS	EXAMEN AVANT JAVELLISATION		TAUX de JAVELLISAT. en milligr. de chlore par litre	EXAMEN APRÈS JAVELLISATION	
		Coli-bacill. par litre	Germes par cc.		Coli-bacilles par litre	Germes par cc.
G. — Puits (*suite*)	20- 9-16	0				
	28- 9-16	0				
	7-10-16	0			0	
	21-10-16	0			0	
	1-11-16	0			0	
	17-11-16	200	Accident gelée	0,5	200	
	2-12-16	0	100		0	50
	17-12-16	0			0	
I. — Puits	23- 9-16	200				
	7-10-16	300			0	
	21-10-16	1.000			0	
	17-11-16			0,5	100	Gelée, appareil détérioré.
	2-12-16	200				
	17-12-16	1.000				
— Source	28- 8-16	1.000				
	20- 9-16	1.000				
	29- 9-16	1.000	14.000		0	700
	7-10-16				0	
	16-10-16	1.000	4.300		0	725
	31-10-16	1.000			0	
	10-11-16	1.000	600	0,5	0	150
	18-11-16	300	100		0	40
	3-12-16	300	2.000		0	30
	18-12-16	300			0	
— Source	9- 7-16	1.000				
	19-10-16	200				
	31-10-16	1.000			0	
	1-11-16	200			0	
	6-11-16	1.000			0	
	25-11-16	0	450	0,5	0	45
	2-12-16	1.000			0	
. — Puits	23- 9-16	200				
	7-10-16	10			0	
	16-10-16	0			0	
	10-11-16	0	175		0	13
	18-11-16	0	140	0,5	0	15
	6-12-16	0	400		0	60
. — Puits	20- 9-16	10				
	7-10-16	0			0	
	16-10-16	0			0	
	10-11-16	10			0	
	18-11-16	0	800	0,5	0	25

DÉSIGNATION des POSTES	DATES des PRÉLÈVEMENTS	EXAMEN AVANT JAVELLISATION		TAUX de JAVELLISAT. en milligr. de chlore par litre	EXAMEN APRÈS JAVELLISATION	
		Coli-bacill. par litre	Germes par cc.		Coli-bacilles par litre	Germes par
L. — Puits (*suite*)	6-12-16	0	150		0	100
	18-12-16	0			0	
M.—Source	16-10-16	0			0	
	10-11-16	100	400		0	10
	18-11-16	0	1.800	0,5	0	25
	6-12-16	0	600		0	125
	18-12-16	0			0	
N. — Puits	13-11-16	300		0,5		
	23-11-16	10			0	
	2-12-16	10	240		0	25
	17-12-16	0			0	
O. — Puits	15-11-16	10				
	23-11-16	10	3.850	0,5	0	795
	6-12-16	0	300		0	150
	19-12-16	0			Non fonct[t]	
P. — Puits	15-11-16	0			0	690
	23-11-16	0	2.000	0,5	0	160
	6-12-16	0	250		Non fonct[t]	
Q. — Puits	15-11-16	0				
	23-11-16	0	1.010	0,5	0	680
	6-12-16	0	600		0	40
	19-12-16	0			0	
R. — Puits	6-12-16	100	400	0,6	0	90
S. — Puits	14-10-16	10				
	7-11-16	0				
	1-12-16	0	450		0	0
	16-12-16	1.000			10	Appareil en parat. Prél fait à la m en marche
T. — Puits	23- 7-16	1.000				
	11- 9-16	10				
	10- 9-16	0				
	13-10-16	0				
	6-11-16	100			0	
	18-11-16	0	950	0,5	0	40
	23-11-16	0	150		0	10
	3-12-16	0	100		0	50
	18-12-16	0			0	

DÉSIGNATION des POSTES	DATES des PRÉLÈVEMENTS	EXAMEN AVANT JAVELLISATION		TAUX de JAVELLISAT. en milligr. de chlore par litre	EXAMEN APRÈS JAVELLISATION	
		Coli-bacill. par litre	Germes par cc.		Coli-bacilles par litre	Germes par c
U. — Puits	6-11-16	0			0	
	18-11-16	100	600	0,5	0	125
	23-11-16	0	70		0	20
	3-12-16	0	200		0	0
	18-12-16	0			0	
V. — Puits	23- 7-16	1.000				
	11- 9-16	10				
	16- 9-16	10				
	13-10-16	0			0	
	6-11-16	0			0	
	13-11-16	0	250	0,5	0	10
	18-11-16	100			0	
	23-11-16	0	75		0	0
	25-11-16	0	360		0	20
	3-12-16	0	50		0	0
	12-12-16	0			0	
	18-12-16	0			0	
W. — Puits	13-10-16	0			0	
	10-11-16	0	500		0	10
	18-11-16	0	200	0,5	0	10
	3-12-16	200			0	
X. — Source	12- 9-16	10				
	19-10-16	300				
	3-11-16	300				
	23-11-16	0				
	2-12-16	0	250			
	12-12-16	0			0	
Y. — Puits	25-10-16	1.000				
	23-11-16	1.000				
	27-11-16	0	1,150	0,6	0	960
	17-12-16	300			0	
Z. — Puits	5- 9-16	1.000				
	11-10-16	0				
	14-10-16	10				
	7-11-16	10				
	26-11-16	0	1.900		0	13
	1-12-13	0	100		0	37

La composition chimique de l'eau avant javellisation était comprise entre les limites suivantes :

SUBSTANCES	EN MILLIGRAMMES par litre d'eau
Matières organiques (en O absorbé)..	De 0,7 à 1,5
Azote ammoniacal (en Az H^3).....	Moins de 0,1
Azote albuminoïde (en Az H^3).....	Moins de 0,2
Azotites.....	Légères traces à 0.
Chlorures (en Na Cl).....	22 à 34
Degré alcalimétrique (en CO^3 Ca).....	De 230 à 280

Les taux de javellisation de chaque poste, qui ont été compris entre 0 mgr. 5 et 0 mgr. 8 de chlore par litre, ont été déterminés expérimentalement par le Laboratoire de Bactériologie d'armée (où le Dr Cayrel vint prendre la suite du Dr Orticoni dans la collaboration cordiale et féconde de cet établissement avec le Service des eaux de l'armée) en sorte que le B. coli disparaisse aux robinets et manches de chargement d'eau.

Nous avons dit plus haut que le débit de la plupart des moto-pompes des postes de chargement d'eau était de 10 mètres cubes à l'heure et que le réservoir du poste avait un volume atteignant généralement 5 mètres cubes, assez souvent 3 mètres cubes et demi Il s'ensuit que le temps nécessaire au renouvellement complet de l'eau qu'il renferme est d'au moins vingt minutes, voire même pour les plus gros d'une

demi-heure. Nous ajouterons que l'utilisation de la généralité de ces postes d'eau était très intensive et que l'on peut tenir pour assuré que les vannes nourrices des manches de chargement comprenaient des filets liquides émanant directement du mélangeur.

Il en résulte que la disparition du B. coli aux doses de réactif pratiquées se faisait complètement dans le mélangeur, comme elle s'était faite dans le trajet à travers les pompes de la ville de V.

En raison de la difficulté des prélèvements, il n'a pas été recueilli, aux fins d'analyses bactériologique et chimique, l'eau sortant du mélangeur avant sa chute dans la cuve. Ces analyses seraient à faire pour jeter plus de lumière sur le mécanisme de la stérilisation de l'eau de nos postes.

Tandis qu'aux doses élevées de chlore employées dans les procédés de javellisation que nous avons passés en revue dans les chapitres précédents, la matière organique contenue dans l'eau se trouve presque complètement détruite et que seules subsistent quelques spores de saprophytes et des moisissures représentant environ le centième des germes contenus dans l'eau traitée, nos doses faibles de 0 mgr. 5 à 0 mgr. 8 par litre, agissant sous brassage, laissent subsister une proportion de germes inoffensifs sensiblement plus grande et une notable partie de la matière organique ; la présence de celle-ci empêche la permanence du chlore libre qui se trouve transformé en chlorures.

L'action destructrice élective du chlore sur les B.

coli et bacilles pathogènes de même résistance, grâce au mélange intime et rapide du réactif dans toute la masse de l'eau traitée, était utilisée au maximum.

Les analyses chimique et bactériologiques comparatives de l'eau, avant et après javellisation, n'ont pas été, faute de loisir, poursuivies et multipliées de façon systématique en sorte de faire ressortir avec précision comment le taux de javellisation des postes varie avec la teneur en matières organiques, l'alcalinité, la richesse en chlorures et la richesse initiale en B. coli et autres germes.

Ce sont là recherches de laboratoire minutieuses et patientes, à entreprendre pour jeter toute la lumière sur le mécanisme de la javellisation par brassage à faible taux de réactif.

Il nous suffisait d'être assuré de la bonne qualité des eaux et que celle-ci fût réalisée à l'insu des usagers. Alors que les soldats se résignent assez difficilement à boire l'eau d'un récipient où elle n'est pas renouvelée sous leurs yeux, eau qui a souvent du goût (si les précautions minutieuses énoncées par l'instruction du 14 février 1916 que nous avons énumérées ne sont pas rigoureusement observées), ils boivent de grand cœur l'eau qui coule du robinet d'un château d'eau à débit permanent. La stérilisation passe inaperçue à leurs yeux d'autant que l'eau, ne renfermant pas de chlore libre, ne présente aucun goût aux palais les plus délicats.

CONCLUSIONS

Les applications de la javellisation qui ont été faites à nos postes d'eau de la ... armée ont réalisé la destruction des germes pathogènes renfermés dans l'eau, et ce, à des doses de réactif correspondant à 0 mgr. 5, à 0 mgr. 8 de chlore par litre, lesquelles sont très notablement inférieures à celles employées jusqu'alors.

Pour être épuratrices, ces faibles doses de réactif doivent agir sous un brassage énergique.

Ce brassage est réalisé simplement aux alimentations qui ont à leur origine une pompe aspirante et foulante, à piston ou centrifuge, par le passage du réactif en même temps que l'eau dans la pompe : il suffit pour cela de faire aspirer l'hypochlorite par le tuyau d'aspiration de la pompe au moyen du dispositif, éminemment simple, que nous avons installé à l'usine de refoulement de la ville de V...

Si ce dispositif n'est pas applicable, on aménagera, au point de chute dans le réservoir, un barboteur à chicanes où la javellisation pourra être rendue automatique à l'aide de l'aspirateur de M. Vila, du coin d'arrêt à flotteur de M. Piault, ou de tout autre appa-

reil ; il y a, là place pour l'ingéniosité des constructeurs.

Si l'eau arrive au réservoir par une dérivation présentant des traversées de vallées en siphon, c'est à l'origine des siphons, de préférence, que la javellisation sera opérée, en vue de bénéficier des remous qui affectent l'eau dans leur parcours.

La destruction des germes est pratiquement instantanée.

Le taux de javellisation nécessaire est déterminé par tâtonnement en sorte que les prélèvements, faits après le dispositif de brassage ne révélent plus de B. coli. Il n'a pas dépassé, à aucun de nos postes d'eau, o mgr. 8, de chlore par litre.

Ces faibles doses laissent subsister dans l'eau épurée une notable proportion de matière organique et la réduction des germes saprophytes banaux n'est pas aussi considérable qu'avec les doses fortes de réactif employées jusqu'à présent, mais, à la faveur de cette persistance de la matière organique, le chlore libre en disparaît complètement. La neutralisation de l'eau n'est donc, en aucune façon, à envisager.

Les eaux ainsi traitées dans trente postes de chargement d'eau importants, pendant plusieurs mois dont certains furent très chauds, n'ont jamais révélé au goût qu'elles avaient été additionnées d'un produit chimique.

Grâce à la rapidité de la stérilisation, qui est pratiquement instantanée, les qualités de fraîcheur que

présente l'eau au puits ou à la source d'où elle émane ne sont en rien modifiées.

Ces résultats nous paraissent de nature à inciter la multiplication des applications du procédé de la javellisation par brassage à très faible dose deréactif.

31 décembre 1916.

Vu : le Président de la thèse,
CHAUFFARD

Vu pour le Doyen,
L'assesseur
POUCHET

Vu et permis d'imprimer
Le Recteur
LIARD

Imp. de la Faculté de Méd., H. Jouve et Cie, 15, rue Racine, Paris— 3253-17